

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局(43) 国際公開日  
2001年10月25日 (25.10.2001)

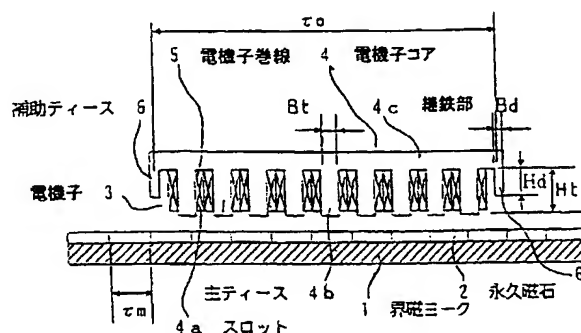
PCT

(10) 国際公開番号  
WO 01/80408 A1

- (51) 国際特許分類<sup>7</sup>: H02K 41/03 (72) 発明者; および  
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 大戸基道 (OHTO, Motomichi) [JP/JP]. 田邊政彦 (TANABE, Masahiko) [JP/JP]. 宮本恭祐 (MIYAMOTO, Yasuhiro) [JP/JP]. 猪ノ口博文 (INOKUCHI, Hirofumi) [JP/JP]; 〒806-0004 福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号 株式会社 安川電機内 Fukuoka (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP01/01146
- (22) 国際出願日: 2001年2月16日 (16.02.2001)
- (25) 国際出願の言語: 日本語 (81) 指定国 (国内): CN, JP, KR, US.
- (26) 国際公開の言語: 日本語 (84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).
- (30) 優先権データ:  
特願2000-118022 2000年4月19日 (19.04.2000) JP 添付公開書類:  
— 国際調査報告書
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社 安川電機 (KABUSHIKI KAISHA YASKAWA DENKI) [JP/JP]; 〒806-0004 福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号 Fukuoka (JP).  
2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(54) Title: PERMANENT MAGNET SYNCHRONOUS LINEAR MOTOR

(54) 発明の名称: 永久磁石型同期リニアモータ



- 6...AUXILIARY TEETH 4a...SLOT  
3...ARMATURE 4b...MAIN TEETH  
5...ARMATURE WINDING 1...FIELD YOKE  
4...ARMATURE CORE 2...PERMANENT MAGNET  
4c...YOKE PART

(57) Abstract: A permanent magnet synchronous linear motor comprising a field yoke (1) having a plurality of permanent magnets (2) the polarity of which is alternated and which are arranged linearly and an armature (3) facing the array of the permanent magnets (2) through a magnetic air gap, wherein the armature (3) comprises an armature core (4) having main tees (4b) and slots (4a), an armature winding (5) wound in the slots 4a of the armature core (4), and auxiliary teeth (6) provided at both the ends of the armature core (4). The distance  $\tau_p$  between the centers of the auxiliary teeth (6) and the pitch  $\tau_m$  of the field poles satisfy a relation  $\tau_p = (2n-1) \times \tau_m / 2$  ( $n$  is a positive integer) and the length  $O$  of the auxiliary teeth (6) is in a relation of  $0 < H_d < H_t$  where  $H_d$  is the length of the auxiliary teeth (6) in the direction orthogonal to the array of permanent magnets and  $H_t$  is the length of the main teeth (4b) in the direction orthogonal to the array of permanent magnets. Thus a high performance permanent magnet synchronous linear motor having reduced cogging thrust can be provided.

[続葉有]



---

(57) 要約:

交互に極性が異なるように界磁極を構成する複数の永久磁石 2 を直線状に並べて配置した界磁ヨーク 1 と、永久磁石 2 の磁石列と磁氣的空隙を介して対向する電機子 3 とを備え、電機子 3 は、主ティース 4 b とスロット 4 a を有する電機子コア 4 と、電機子コア 4 のスロット 4 a に巻回した電機子巻線 5 と、電機子コア 4 の両端に配置した補助ティース 6 より構成してあり、補助ティース 6 の中心間の距離  $\tau_p$  と界磁極のピッチ  $\tau_m$  との関係が  $\tau_p = (2n - 1) \times \tau_m / 2$  ( $n$  は正の整数) である永久磁石型同期リニアモータにおいて、補助ティース 6 の永久磁石列と直交する方向の長さを  $H_d$ 、主ティース 4 b の永久磁石列と直交する方向の長さを  $H_t$  とした時に、補助ティース 6 の長さを  $0 < H_d < H_t$  の範囲に設定した。

これにより、コギング推力が小さく高性能な永久磁石型同期リニアモータを提供することができる。

## 明細書

## 永久磁石型同期リニアモータ

## 〔技術分野〕

本発明は、コギング推力が小さく高性能な永久磁石型同期リニアモータに関する。

## 〔背景技術〕

従来、工作機械の送り機構や半導体製造装置の位置決め装置などに利用されると共に、界磁極を構成する永久磁石と、永久磁石の磁極面に空隙を介して対向し、電機子コアのスロット内に電機子巻線を巻回してなる電機子を備えた永久磁石型同期リニアモータが知られている。

このような構成のリニアモータの電機子巻線に通電しない状態で、永久磁石との電磁作用により電機子を永久磁石の磁石列の長手方向に移動させる際、電機子コア両端部の端効果によりコギング推力が発生する。このコギング推力を低減するためには、電機子コアの両端に補助ティースを備えたものが以下の従来技術として提案されている。

図5は第1の従来技術を示す永久磁石型同期リニアモータの側断面図であって、8ポール、9スロットのギャップ対向形の例を用いたものである（例えば、実公平7-053427号公報）。

図5において、1は平板状の界磁ヨーク、2は界磁ヨーク1に極性が交互に異なるように複数個取付けた永久磁石、10は永久磁石2の磁極面に空隙を介して対向する電機子、11は電機子コアであって、電磁鋼板を櫛歯状に打ち抜き、スロット11aを形成する主ティース11bと、主ティース11bを連結する継鉄部11cとを有する電機子鉄板を積層固定したものである。12はスロット11aに巻回收納した電機子巻線である。13は電機子コア11の両端に備えた補助ティースであって、主ティース11bの長さHtと補助ティース13の長さHdは同じ長さである。このリニアモータは、界磁ヨーク1に設けた永久磁石2を固定子とし、電機子10を可動子とし、電機子10を界磁ヨーク1の長手方向に対して走行するものである。

この構成のリニアモータでは、電機子両端に設けられた補助ティースの中心間

の距離を $\tau_{p0}$ とし、界磁極ピッチを $\tau_m$ とした場合、補助ティースの中心間の距離 $\tau_{p0}$ は、界磁極ピッチの半ピッチの奇数倍、すなわち $\tau_{p0} = (2n-1) \times \tau_m / 2$ という関係になっている。なお、図5は $n=9$ とした例を示している。

その他、第2の従来技術として、特公昭60—30195号公報に開示されたりニアモータが上げられる。

このリニアモータは、電機子両端に設けられた補助ティースの中心間の距離 $\tau_{p0}$ を界磁極ピッチ $\tau_m$ の奇数倍としたものであり、 $\tau_{p0} = (2n-1) \times \tau_m$ という関係となっている。

ところが、従来技術では、電機子コアの端部の端効果を打ち消す対策として、上記のような補助ティースの中心間距離を規定しているものの、リニアモータの用途に応じて高性能化を図ろうとすると逆に設計の自由度が小さくなるため、コギング推力を小さくすることはできず、リニアモータの高性能化を図る上で支障をきたすという問題があった。

また、従来技術が規定している補助ティースの中心間距離は、1磁極ピッチに対して1周期分の変化する一次成分を考慮して求められたものである。したがって一次成分に対しては大きな低減効果があるが、コギング波形に2次成分や高次成分が含まれる場合には、高次成分に対する低減効果が小さく、コギングを小さくできない場合があった。

また、電機子のティース間のスロット形状などの影響等により、コギング低減効果が最大となる補助ティース間ピッチが上記の従来技術で規定したピッチからずれる場合がある。

本発明は、上記課題を解決するためになされたものであり、コギング推力が小さく高性能な永久磁石型同期リニアモータを提供することを目的とする。

#### [発明の開示]

上記問題を解決するために、請求項1の本発明は、交互に極性が異なるように界磁極を構成する複数の永久磁石を直線状に並べて配置した界磁ヨークと、前記永久磁石の磁石列と磁氣的空隙を介して対向するように配置した電機子とを備え、前記電機子は、主ティースとスロットを有する電機子コアと、前記電機子コアのスロットにコイルを巻回した電機子巻線と、前記電機子コアの両端に配置した補

助ティースより構成してあり、前記補助ティースの中心間の距離 $\tau_p$ と前記界磁極のピッチ $\tau_m$ との関係が $\tau_p = (2n-1) \times \tau_m / 2$  ( $n$ は正の整数)であり、前記界磁極と前記電機子との何れか一方を固定子に、他方を可動子として、前記界磁極と前記電機子を相対的に走行するようにした永久磁石型同期リニアモータにおいて、前記補助ティースの永久磁石の磁石列と直交する方向の長さを $H_d$ 、前記主ティースの永久磁石の磁石列と直交する方向の長さを $H_t$ とした時に、前記補助ティースの長さを $0 < H_d < H_t$ の範囲に設定したものである。

請求項2の本発明は、請求項1に記載の永久磁石型同期リニアモータにおいて、前記補助ティースの永久磁石の磁石列の長手方向に沿う幅 $B_d$ を、前記主ティースの永久磁石列の長手方向に沿う幅 $B_t$ よりも狭くしたものである。

請求項3の本発明は、請求項1または2に記載の永久磁石型同期リニアモータにおいて、前記補助ティースの長さ $H_d$ と、前記主ティースの長さ $H_t$ との比 $H_d / H_t$ を、 $0.5 \leq H_d / H_t < 1$ に設定したものである。

請求項4の本発明は、請求項1から3までの何れか1項に記載の永久磁石型同期リニアモータにおいて、前記電機子コアは、複数の分割コアで構成されると共に、前記分割コアを構成する継鉄部の一方側面に凸状の係合部を、他方側面に凹状の係合部を設け、隣り合う各々の係合部を嵌合させて結合したものである。

請求項5の本発明は、交互に極性が異なるように界磁極を構成する複数の永久磁石を直線状に並べて配置した界磁ヨークと、前記永久磁石の磁石列と磁氣的空隙を介して対向するように配置した電機子とを備え、前記電機子は、主ティースとスロットを有する電機子コアと、前記電機子コアのスロットにコイルを巻回した電機子巻線と、前記電機子コアの両端に配置した補助ティースより構成してあり、前記補助ティースの中心間の距離 $\tau_p$ と前記界磁極のピッチ $\tau_m$ との関係が $\tau_p \neq (2n-1) \times \tau_m / 2$  ( $n$ は正の整数)であり、前記界磁極と前記電機子との何れか一方を固定子に、他方を可動子として、前記界磁極と前記電機子を相対的に走行するようにした永久磁石型同期リニアモータにおいて、前記補助ティースの永久磁石の磁石列と直交する方向の長さを $H_d$ 、前記主ティースの永久磁石列と直交する方向の長さを $H_t$ とした時に、前記補助ティースの長さを $0 < H_d \leq H_t$ の範囲に設定したものである。

請求項6の本発明は、請求項5記載の永久磁石型同期リニアモータにおいて、前記補助ティースの長さ $H_d$ と、前記主ティースの長さ $H_t$ との比 $H_d/H_t$ を、 $0.5 \leq H_d/H_t \leq 1$ に設定したものである。

請求項7の本発明は、請求項5または6に記載の永久磁石型同期リニアモータにおいて、前記電機子コアは、複数の分割コアで構成されると共に、前記分割コアを構成する継鉄部の一方側面に凸状の係合部を、他方側面に凹状の係合部を設け、隣り合う各々の係合部を嵌合させて結合したものである。

請求項8の本発明は、交互に極性が異なるように界磁極を構成する複数の永久磁石を直線状に並べて配置した界磁ヨークと、前記永久磁石の磁石列と磁気的空隙を介して対向するように配置した電機子とを備え、

前記電機子は、主ティースとスロットを有する電機子コアと、前記電機子コアのスロットにコイルを巻回した電機子巻線と、前記電機子コアの両端に配置した補助ティースより構成してあり、

前記界磁極と前記電機子との何れか一方を固定子に、他方を可動子として、前記界磁極と前記電機子を相対的に走行するようにした永久磁石型同期リニアモータにおいて、

界磁極ピッチ $\tau_m$ と補助ティースの中心間距離 $\tau_p$ との関係が $(2n-1)\tau_m/8 \leq \tau_p \leq (2n-1)\tau_m/2$  ( $n$ は正の整数)であり、前記補助ティースが前記永久磁石の磁石列と直交する方向の長さを $H_d$ 、前記主ティースが前記永久磁石の磁石列と直交する方向の長さを $H_t$ とした時に、前記補助ティースの長さを $0 < H_d \leq H_t$ の範囲に設定したものである。

請求項9の本発明は、請求項8の永久磁石型同期リニアモータにおいて、前記補助ティースが前記永久磁石の磁石列の長手方向に沿う幅 $B_d$ を、前記主ティースが前記永久磁石の磁石列の長手方向に沿う幅 $B_t$ よりも狭くしたものである。

請求項10の本発明は、請求項9の永久磁石型同期リニアモータにおいて、前記電機子コアは、複数の分割コアで構成されると共に、前記分割コアを構成する継鉄部の一方側面に凸状の係合部を、他方側面に凹状の係合部を設け、隣り合う各々の係合部を嵌合させて結合したものである。

[図面の簡単な説明]

図1は、本発明の実施例を示す永久磁石型同期リニアモータであって、第1～第3実施例における主ティースと補助ティースの関係を説明する上で共通なリニアモータの側断面図である。図2は、補助ティースの中心間距離 $\tau_p$ と補助ティースの長さをパラメータとして、コギング推力を数値解析より計算した解析結果を示す。図3は、電機子の補助ティースと主ティースの長さ比に対するコギング推力との関係を模式的に示した図である。図4は、本発明の第4の実施例を示す永久磁石型同期リニアモータであって、分割コアを有するリニアモータの側断面図である。図5は、第1の従来技術を示す永久磁石型同期リニアモータの側断面図である。

[発明を実施するための最良の形態]

以下、本発明の実施例を図に基づいて説明する。

(第1実施例)

図1は本発明の実施例を示す永久磁石型同期リニアモータであって、第1～第3実施例における主ティースと補助ティースの関係を説明する上で共通なリニアモータの側面図である。

本発明が従来と同じ構成要素については同一符号を付して説明を省略し、異なる点のみ説明する。なお、本リニアモータは、従来技術と同様に8ポール、9スロットのギャップ対向形の例を示している。

図1において、3は電機子、4は電機子コア、4aはスロット、4bは主ティース、4cは継鉄部、5は電機子巻線、6は補助ティースである。

本実施例では、リニアモータが界磁極となる永久磁石2より構成される固定子と、スロット4aおよび主ティース4bを有し、かつ、電機子巻線5を巻回した電機子コア4の両端に補助ティース6を備えた電機子3とより構成される可動子を備えたものとなっており、従来技術と基本的には同じ構成である。

次に、本実施例において、補助ティース6の中心間の距離を $\tau_p$ 、図4の従来技術で示した補助ティース6の中心間の距離を $\tau_{p0}$ としたときに、補助ティース6の中心間距離 $\tau_p$ と補助ティース6の長さ $H_d$ をパラメータとして、コギング推力を有限要素法を用いた数値解析により計算した。なお、補助ティース6が永久磁石2の磁石列と直交する方向の長さを $H'd$ 、主ティース4bが永久磁石2の

磁石列と直交する方向の長さを $H_t$ としたものである。

図2は、補助ティース6の中心間距離 $\tau_p$ と補助ティース6の長さ $H_d$ をパラメータとして、コギング推力を数値解析より計算した解析結果を示したものである。

縦軸はコギング推力であり、横軸には図1に示す補助ティース6の中心間の距離 $\tau_p$ と図4で示した補助ティース6の中心間の距離 $\tau_{p0}$ の比 $\tau_p/\tau_{p0}$ 、および補助ティース6の長さ $H_d$ と主ティース4bの長さ $H_t$ の比 $H_d/H_t$ である。各計算点を格子状に結び、コギング推力値が等しい等高線を表示している。図2ではコギング推力の向きを考慮して、コギング推力に正負の符号を加えて表示している。

図2の例では、 $\tau_p/\tau_{p0}$ が約0.98以上の範囲において、補助ティース6の長さ $H_d$ を適切に設定することでコギン推力がほぼゼロとなる点が存在し、設計では従来に比べ設計の自由度を増やすことができる。

この例では $\tau_p/\tau_{p0}$ が約0.98以上でコギン推力がほぼゼロとなる点が存在したが、界磁極のピッチや電機子のティース幅・形状などによって変わる。図2のような変化は数値解析や実験により知ることができる。

またこの例において、実公平7-053427号公報で示している補助ティース6の長さと主ティース4bの長さが等しく、補助ティース6の中心間距離 $\tau_{p0}$ という条件下では、コギング推力が若干発生している。これは主ティース4bの先端形状による影響であり、最適点が実公平7-053427号公報で規定したピッチ $\tau_{p0}$ よりもずれる場合があることを示している。

このような場合でも本発明では、補助ティース6の中心間の距離 $\tau_p$ と界磁極のピッチ $\tau_m$ との関係を、 $\tau_p = (2n-1) \times \tau_m / 2$  ( $n$ は正の整数)とした条件のもとで、補助ティース6の長さ $H_d$ を、 $0 < H_d < H_t$ の範囲に適切に設定することで、コギング推力をほぼゼロの数値まで低減することができる。

次に、補助ティース6の働きについて説明する。リニアモータのコギング推力 $F$ は主ティースに働く推力を $F_1$ 、補助ティース6に働く推力を $F_2$ とすると次式で表される。

$$F = F_1 + F_2 \quad (1)$$



図3は電機子の補助ティース6と主ティース4bの長さ比に対するコギング推力との関係を模式的に示した図である。

横軸は電機子の補助ティース6の長さ $H_d$ と主ティース4bの長さ $H_t$ の長さ比、縦軸はコギング推力である。図2と同様に図3ではコギング推力の向きを考慮して、コギング推力に正負の符号を加えて表示している。

図3から分かるように、補助ティース6に働くコギング推力 $F_2$ と電機子3に働く推力 $F_1$ は、補助ティース6の長さによって変化する。補助ティース6の長さを適切にすることにより主ティース4bに働く推力を打ち消すことができ、全体のコギング推力 $F (=F_1 + F_2)$ をゼロとすることができる。

コギング推力がゼロとなる補助ティース6の長さの最適値は補助ティース6の中心間の距離、界磁極ピッチ、電機子コア4の長さ、補助ティース6の幅等によって異なる。その最適値は図3の解析結果から、補助ティースの長さ $H_d$ と、主ティースの長さ $H_t$ との比 $H_d/H_t$ を、 $0.5 \leq H_d/H_t \leq 1$ に設定すると、コギング推力をほぼゼロまで低減することができる。また、上記の条件のもとで、補助ティース6が永久磁石2の磁石列の長手方向に沿う幅を $B_d$ とし、主ティース4bが永久磁石の磁石列の長手方向に沿う幅を $B_t$ としたときに、 $B_d$ を $B_t$ より狭くするようにすると、更にコギング推力低減に、効果があることが検証された。

したがって、本リニアモータは、補助ティース6の中心間の距離 $\tau_p$ と界磁極のピッチ $\tau_m$ との関係を、 $\tau_p = (2n-1) \times \tau_m / 2$  ( $n$ は正の整数)とした条件のもとで、補助ティース6の長さ $H_d$ と主ティース4bの長さ $H_t$ との関係を、 $0 < H_d < H_t$ の範囲に適宜設定するようにしたので、コギング推力をほぼゼロにすることができ、コギング推力が小さく高性能な永久磁石型同期リニアモータを提供することができる。

さらに、上記の数値解析では、上記の条件の他に次のようなコギング推力低減に効果があることがわかった。

#### (第2実施例)

次に、第2実施例について図1を用いて説明する。

すなわち、補助ティース6の中心間の距離 $\tau_p$ と界磁極のピッチ $\tau_m$ との関係を

$\tau_p \neq (2n-1) \times \tau_m / 2$  ( $n$ は正の整数)とした条件のもとで、補助ティース6が永久磁石2の磁石列と直交する方向の長さを $H_d$ 、主ティース4bが永久磁石2の磁石列と直交する方向の長さを $H_t$ とした時に、補助ティース6の長さを $0 < H_d \leq H_t$ の範囲に設定した点である。

また、上記構成で、補助ティース6の長さ $H_d$ と、主ティース4bの長さ $H_t$ との比 $H_d/H_t$ を、 $0.5 \leq H_d/H_t \leq 1$ に設定したものである。

第2の実施例は、主ティース4bの長さ $H_t$ と補助ティース6の長さ $H_d$ との関係を上記のように設定すると、第1の実施例のごとくコギング推力をほぼゼロまで低減することができ、高性能な永久磁石型同期リニアモータを提供することができる。

### (第3実施例)

続いて、第3実施例について図1を用いて説明する。

従来技術でも述べたように、リニアモータのコギング波形には磁極ピッチに対して1次成分の他、二次成分以上の高次成分が含まれている。次数が小さいほど振幅が大きくなる。そこで、コギング低減には主に一次成分と二次成分を低減する必要がある。

次に、補助ティース6による一次成分や二次成分を低減効果について説明する。まず補助ティース6の中心間距離とコギングとの関係を説明する。

一次成分を低減するには、実公平7-053427号に示されているように補助ティース6の中心間距離を

$$\tau_p = (2n-1) \cdot \tau_m / 2$$

とすれば良い。

二次成分を打ち消す補助ティース6の中心間距離は次のようになる。

左右の補助ティース6に働く力を $F_L$ 、 $F_R$ とすれば、それぞれ次のように表わされる。

$$F_L = F_o \sin [(2x/\tau_m) 2\pi]$$

$$F_R = F_o \sin [(2x/\tau_m) 2\pi + (2\tau_p/\tau_m) 2\pi]$$

ここで $F_o$ は2次成分の振幅、 $x$ は電機子コア4の位置である。

$F_L$ と $F_R$ の合力がゼロになればよいので、

$$F_s = F_o \sin[(2x/\tau_m) 2\pi] + F_o \sin[(2x/\tau_m) 2\pi + (2\tau_p/\tau_m) 2\pi] = 0$$

すなわち  $(2\tau_p/\tau_m) 2\pi = (2n-1)\pi/2$  を満たせばよい

したがって、 $\tau_p = (2n-1)\tau_m/8$  となる。

このように一次成分と二次成分を最小化する補助ティース6の中心間距離が異なるが、補助ティース6の長さを調整して一次成分と二次成分を同時に最小化することができる。

これは補助ティース6の長さは一次成分への影響が大きく、任意の補助ティース6の中心間距離でも、補助ティース6の長さを適切に設定することにより、一次成分を低減できる。このとき補助ティース6の長さにより二次成分の大きさも変化する。有限要素法を用いた解析結果では、

$$(2n-1)\tau_m/8 \leq \tau_p \leq (2n-1)\tau_m/2$$

の範囲において、二次成分も同時に最小となる位置が存在することを確認した。

すなわち一次成分と二次成分を同時に小さくするには、補助ティース6の中心間距離を  $(2n-1)\tau_m/8 \leq \tau_p \leq (2n-1)\tau_m/2$  の設定すればよい。これより、最適な補助ティース6の中心間距離は有限要素法などの数値解析や実験により求めることができる。

第3の実施例は、界磁極ピッチ $\tau_m$ と補助ティースの中心間距離 $\tau_p$ との関係を上記のように設定すると、コギング波形の一次成分と二次成分を同時に小さくすることができることから、第1、第2の実施例と同様にコギング推力をほぼゼロまで低減することができると共に、高性能な永久磁石型同期リニアモータを提供することができる。

#### (第4実施例)

第4実施例について説明する。

第1～第3実施例では電機子コアを一体型とした例を示したが、一体型の電機子コアに替えて複数の分割コアで構成するようにしても良い。図4は分割コアを有する永久磁石型同期リニアモータの側断面図を示したものである。

具体的には、このリニアモータの電機子3は、電機子コア4を複数のコアブロックに分割し、分割されたコアブロックを構成する継鉄部4cの一方側面に凸状

の係合部 4 d を設け、また、他方側面に凹状の係合部 3 e を設けると共に、コアブロックのスロット 4 a に電機子巻線 5 を整列巻きして収納し、ブロックコアの隣り合う各々の係合部 4 d, 4 e を嵌合させて結合し、最後に、結合されたブロックコアを移動子 7 の下面に固定するようにしたものである。

第 4 実施例は、リニアモータの仕様に応じて電機子の長さを自在に増減することができるので、第 4 実施例を第 1 ～ 第 3 実施例における構成の特徴と組み合わせることで、リニアモータの長ストローク化の要求がある際に、設計の自由度を増やしコギング推力を低減することができる。

なお、本実施例による補助ティースの中心間の距離  $\tau_p$  と、従来技術で示した補助ティースの中心間の距離  $\tau_{po}$  との関係を  $\tau_p = \tau_{po} \times 0.99$  とすると良い。

また、本実施例では、ティースをオープンスロットとしたが、例えば図 4 に示すようにセミオープンスロットとしても構わず、補助ティースを適切に設定することによりコギング推力を低減することができる。

また、本リニアモータは、ギャップ対向型の例を用いて説明したが、電機子の両側に磁氣的空隙を介して 2 列からなる界磁極を配設して、磁束貫通型のものに替えても構わない。

また、補助ティースの材質は電機子部と異なっても構わず、適宜選択するようにしても良い。

また、本発明は、電機子コアの両端に設けた補助ティースを適宜最適な形状に設定することにより、電機子巻線間のインピーダンス不平衡を抑える効果がある。

#### [産業上の利用可能性]

以上のように本発明にかかる、永久磁石型同期リニアモータは、FA 機器の搬送システム、例えば工作機のテーブル送りや半導体製造装置のステップ駆動機構などに利用されるものとして有用である。

## 請求の範囲

1. 交互に極性が異なるように界磁極を構成する複数の永久磁石を直線状に並べて配置した界磁ヨークと、前記永久磁石の磁石列と磁氣的空隙を介して対向するように配置した電機子とを備え、

前記電機子は、主ティースとスロットを有する電機子コアと、前記電機子コアのスロットにコイルを巻回した電機子巻線と、前記電機子コアの両端に配置した補助ティースより構成してあり、

前記補助ティースの中心間の距離 $\tau_p$ と前記界磁極のピッチ $\tau_m$ との関係が、
$$\tau_p = (2n-1) \times \tau_m / 2 \quad (n \text{ は正の整数})$$
であり、

前記界磁極と前記電機子との何れか一方を固定子に、他方を可動子として、前記界磁極と前記電機子を相対的に走行するようにした永久磁石型同期リニアモータにおいて、

前記補助ティースが前記永久磁石の磁石列と直交する方向の長さを $H_d$ 、前記主ティースが永久磁石の磁石列と直交する方向の長さを $H_t$ とした時に、前記補助ティースの長さを $0 < H_d < H_t$ の範囲に設定したことを特徴とする永久磁石型同期リニアモータ。

2. 前記補助ティースが前記永久磁石の磁石列の長手方向に沿う幅 $B_d$ を、前記主ティースが前記永久磁石の磁石列の長手方向に沿う幅 $B_t$ よりも狭くしたことを特徴とする請求項1記載の永久磁石型同期リニアモータ。

3. 前記補助ティースの長さ $H_d$ と、前記主ティースの長さ $H_t$ との比 $H_d/H_t$ を、 $0.5 \leq H_d/H_t < 1$ に設定したことを特徴とする請求項1または2記載の永久磁石型同期リニアモータ。

4. 前記電機子コアは、複数の分割コアで構成されると共に、前記分割コアを構成する継鉄部の一方側面に凸状の係合部を、他方側面に凹状の係合部を設け、隣り合う各々の係合部を嵌合させて結合したことを特徴とする請求項1から3までの何れか1項に記載の永久磁石型同期リニアモータ。

5. 交互に極性が異なるように界磁極を構成する複数の永久磁石を直線状に並べて配置した界磁ヨークと、前記永久磁石の磁石列と磁氣的空隙を介して対向するように配置した電機子とを備え、

前記電機子は、主ティースとスロットを有する電機子コアと、前記電機子コアのスロットにコイルを巻回した電機子巻線と、前記電機子コアの両端に配置した補助ティースより構成してあり、

前記補助ティースの中心間の距離 $\tau_p$ と前記界磁極のピッチ $\tau_m$ との関係が $\tau_p \neq (2n-1) \times \tau_m / 2$  ( $n$ は正の整数)であり、

前記界磁極と前記電機子との何れか一方を固定子に、他方を可動子として、前記界磁極と前記電機子を相対的に走行するようにした永久磁石型同期リニアモータにおいて、

前記補助ティースが永久磁石の磁石列と直交する方向の長さを $H_d$ 、前記主ティースが永久磁石の磁石列と直交する方向の長さを $H_t$ とした時に、前記補助ティースの長さを $0 < H_d \leq H_t$ の範囲に設定したことを特徴とする永久磁石型同期リニアモータ。

6. 前記補助ティースの長さ $H_d$ と、前記主ティースの長さ $H_t$ との比 $H_d / H_t$ を、 $0.5 \leq H_d / H_t \leq 1$ に設定したことを特徴とする請求項5記載の永久磁石型同期リニアモータ。

7. 前記電機子コアは、複数の分割コアで構成されると共に、前記分割コアを構成する継鉄部の一方側面に凸状の係合部を、他方側面に凹状の係合部を設け、隣り合う各々の係合部を嵌合させて結合したことを特徴とする請求項5または6に記載の永久磁石型同期リニアモータ。

8. 交互に極性が異なるように界磁極を構成する複数の永久磁石を直線状に並べて配置した界磁ヨークと、前記永久磁石の磁石列と磁氣的空隙を介して対向するように配置した電機子とを備え、

前記電機子は、主ティースとスロットを有する電機子コアと、前記電機子コアのスロットにコイルを巻回した電機子巻線と、前記電機子コアの両端に配置した補助ティースより構成してあり、

前記界磁極と前記電機子との何れか一方を固定子に、他方を可動子として、前記界磁極と前記電機子を相対的に走行するようにした永久磁石型同期リニアモータにおいて、

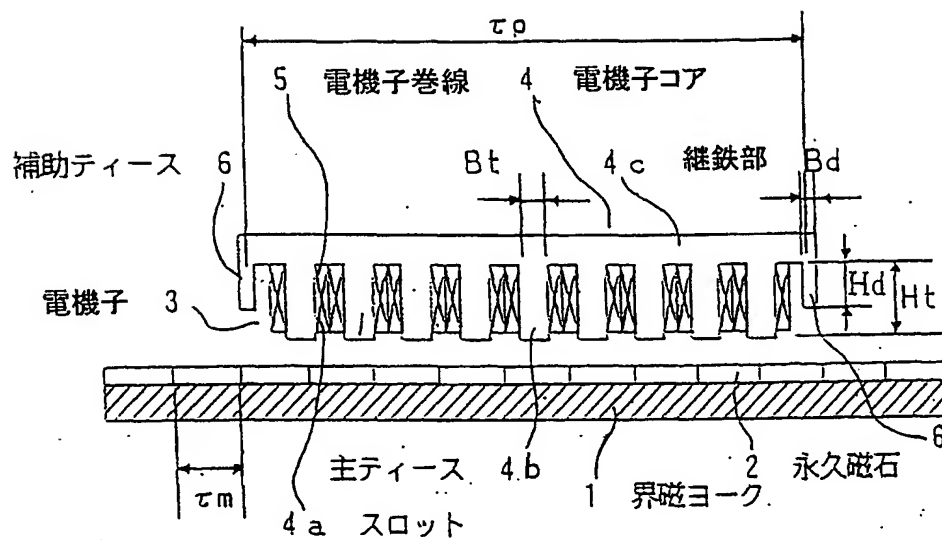
界磁極ピッチ $\tau_m$ と補助ティースの中心間距離 $\tau_p$ との関係が

$(2n-1)\tau_m/8 \leq \tau_p \leq (2n-1)\tau_m/2$  ( $n$ は正の整数)であり、

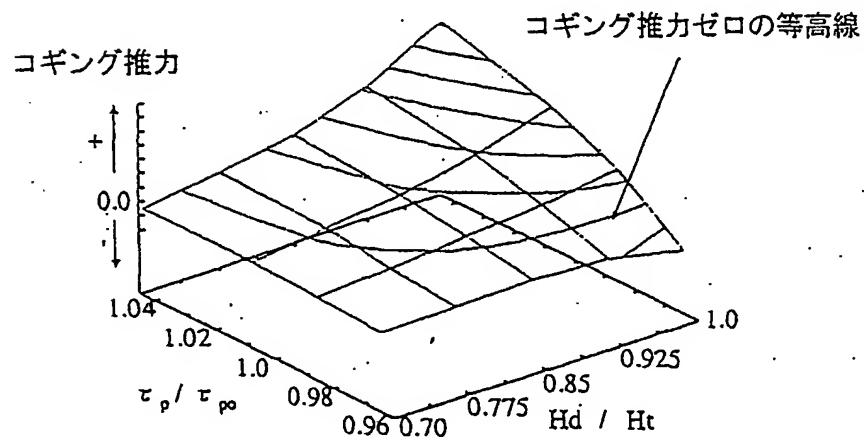
前記補助ティースが前記永久磁石の磁石列と直交する方向の長さを $H_d$ 、前記主ティースが前記永久磁石の磁石列と直交する方向の長さを $H_t$ とした時に、前記補助ティースの長さを $0 < H_d \leq H_t$ の範囲に設定したことを特徴と永久磁石型同期リニアモータ。

9. 前記補助ティースが前記永久磁石の磁石列の長手方向に沿う幅 $B_d$ を、前記主ティースが前記永久磁石の磁石列の長手方向に沿う幅 $B_t$ よりも狭くしたことを特徴とする請求項8記載の永久磁石型同期リニアモータ。

10. 前記電機子コアは、複数の分割コアで構成されると共に、前記分割コアを構成する継鉄部の一方側面に凸状の係合部を、他方側面に凹状の係合部を設け、隣り合う各々の係合部を嵌合させて結合したことを特徴とする請求項8または9に記載の永久磁石型同期リニアモータ。



F i g. 1



$Hd$  : 補助ティースの長さ

$H_t$  : 主ティースの長さ

$\tau_p$  : 本実施例による補助ティースの中心間距離

 $\tau_{PO}$ : 従来技術による補助ティースの中心間距離

Fig. 2



2/3

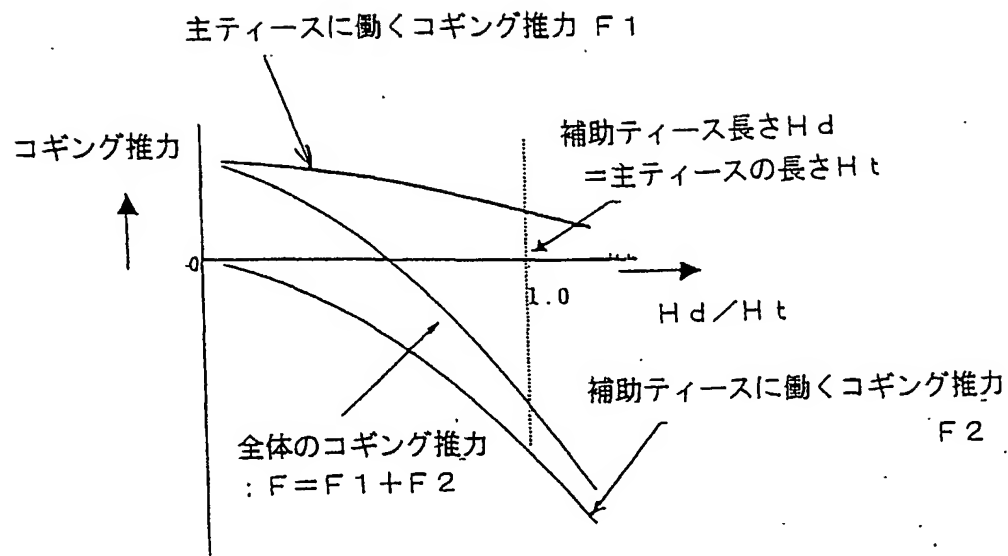


Fig. 3

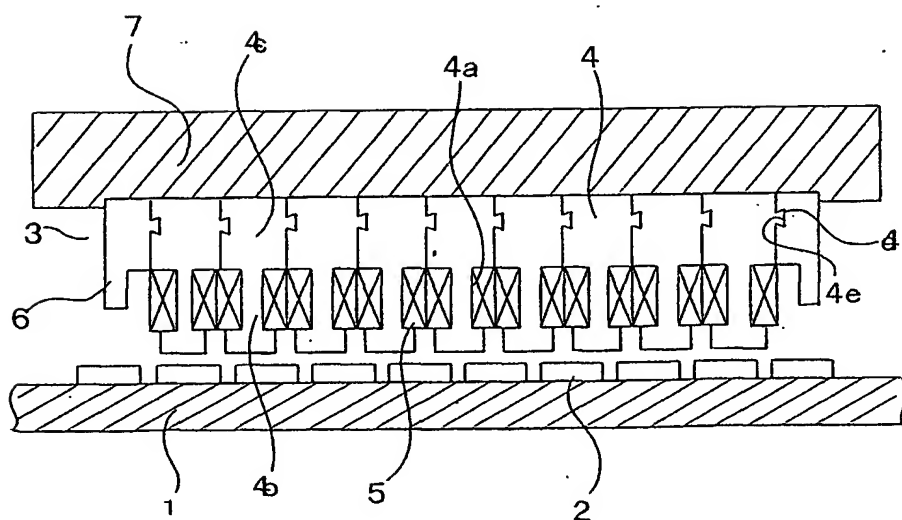


Fig. 4

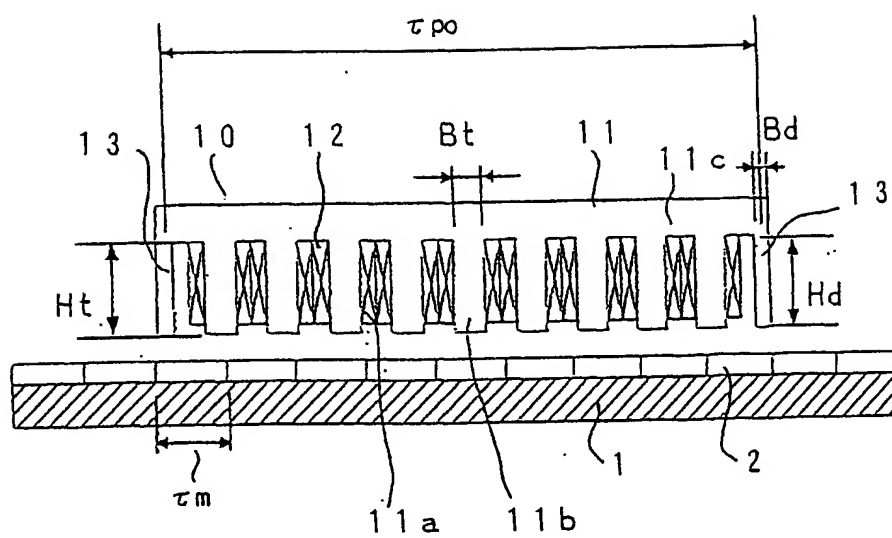


Fig. 5

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/01146

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
Int.Cl.<sup>7</sup> H02K41/03

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
Int.Cl.<sup>7</sup> H02K41/02-41/035Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched  
Jitsuyo Shinan Koho 1926-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2001  
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2001 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2001

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP, 11-89209, A (Fukui Pref. Gov.), 30 March, 1999 (30.03.99), Fig. 8 (Family: none)	1-10
A	JP, 9-37540, A (Shinnko Electric Co., Ltd.), 07 February, 1997 (07.02.97), Figs. 1 to 13 (Family: none)	1-10
A	JP, 7-53427, Y2 (Yasukawa Electric Corporation), 06 December, 1995 (06.12.95), Fig. 1 (Family: none)	1-10
A	JP, 4-281359, A (Fuji Electric Co., Ltd.), 06 October, 1992 (06.10.92), Fig. 5 (Family: none)	1-10
A	JP, 2001-8432, A (Sankyo Seiki Mfg. Co., Ltd.), 12 January, 2001 (12.01.01), Fig. 3 (Family: none)	4, 7, 10

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"I" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
30 May, 2001 (30.05.01)Date of mailing of the international search report  
12 June, 2001 (12.06.01)Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/01146

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP, 11-262236, A (Yasukawa Electric Corporation), 24 September, 1999 (24.09.99), Fig. 1 (Family: none)	4, 7, 10

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))  
Int. Cl. <sup>7</sup> H02K41/03

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC)).  
Int. Cl. <sup>7</sup> H02K41/02-41/035

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926-1996年  
日本国公開実用新案公報 1971-2001年  
日本国登録実用新案公報 1994-2001年  
日本国実用新案登録公報 1996-2001年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP, 11-89209, A (福井県), 30. 3月. 1999 (30. 03. 99), 図8 (ファミリーなし)	1-10
A	JP, 9-37540, A (神鋼電機株式会社), 7. 2月. 1997 (07. 02. 97), 図1-13 (ファミリーなし)	1-10
A	JP, 7-53427, Y2 (株式会社安川電機), 6. 12月. 1995 (06. 12. 95), 第1図 (ファミリーなし)	1-10

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

\* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日  
30. 05. 01

国際調査報告の発送日  
12.06.01

国際調査機関の名称及びあて先  
日本国特許庁 (ISA/JP)  
郵便番号100-8915  
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)  
牧 初



3V 9064

電話番号 03-3581-1101 内線 3358

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP, 4-281359, A (富士電機株式会社), 6. 10月, 1992 (06. 10. 92), 図5 (ファミリーなし)	1-10
A	JP, 2001-8432, A (株式会社三協精機製作所), 12. 1月, 2001 (12. 01. 01), 図3 (ファミリーなし)	4, 7, 10
A	JP, 11-262236, A (株式会社安川電機), 24. 9月, 1999 (24. 09. 99), 図1 (ファミリーなし)	4, 7, 10